

**STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN SEL SURYA DENGAN SISTEM *OFF-GRID*
PONDOK PESANTREN SIDROTUL MUNTAHA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

IBRAHIM FATWA WIJAYA

D 400 130 033

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN SEL SURYA DENGAN SISTEM *OFF-GRID*
PONDOK PESANTREN SIDROTUL MUNTAHA**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

IBRAHIM FATWA WIJAYA

D 400 130 033

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

 20/1-17

Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

NIK.981

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN SEL SURYA DENGAN SISTEM *OFF-GRID*
PONDOK PESANTREN SIDROTUL MUNTAHA**

OLEH

IBRAHIM FATWA WIJAYA

D 400 130 033

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 30 Januari 2017 dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. HasyimAsy'ari, S.T., M.T

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Jatmiko, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Agus Supardi S.T., M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK.682



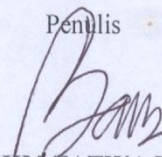
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 30 Januari 2017

Penulis



IBRAHIM FATWA WIJAYA

D 400 130 033

STUDI KELAYAKAN PENGGUNAAN SEL SURYA DENGAN SISTEM *OFF-GRID* PONDOK PESANTREN SIDROTUL MUNTAHA

Abstrak

Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha merupakan tempat untuk menuntut ilmu dan memperdalam ilmu agama. Pada pembangunan pondok pesantren ini tidak terlepas dari kebutuhan energi listrik untuk menunjang kegiatan para santri. Pondok pesantren ini terletak di daerah pelosok yang sudah dialiri listrik oleh PLN tetapi dengan daya yang masih sangat kecil, sehingga energi terbarukan sangat dibutuhkan untuk membuat sebuah pembangkit listrik. Pemanfaatan energi terbarukan yang dipilih adalah memanfaatkan energi cahaya matahari yang disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki partikel elektron dan proton. Sel surya dapat menyerap cahaya matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik yang mampu menghasilkan energi kinetik untuk melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menghasilkan energi listrik. Perancangan PLTS ini menggunakan sistem *off-grid* karena dalam pengoprasianya tidak terhubung ke jaringan listrik PLN. Perancangan ini bertujuan untuk menentukan total Wh (*Watt Hours*) perhari dengan melakukan wawancara kepada pengguna tentang beban yang terpasang dan durasi pemakaiannya, menentukan jumlah sel surya, jumlah baterai, dan jumlah titik lampu yang dibutuhkan. Hasil perancangan menunjukkan bahwa, total Wh perhari sebesar 68862,43 Wh, dengan kapasitas baterai 2 V 1100 Ah berjumlah 120 unit, kapasitas inverter 5000 W berjumlah 2 unit, dan jumlah sel surya 108 modul dengan daya maksimal 200 Wp (*Watt Peak*) sehingga kapasitas PLTS sebesar $108 \times 200 \text{ Wp} = 21.600 \text{ Wp}$ atau 21,6 kWp.

Kata Kunci : PLTS, Sel Surya, *Off-Grid*, Inverter, PLN .

Abstract

Sidrotul Muntaha boarding school is a great place to study and deep the religious knowledge. In this boarding school construction certainly is not detached from the needs of electrical energy to support students activities. The boarding school is located in the corner of the area that have already been electrified by State Electricity Company but still with small power, so that renewable energy is needed to make a power plant. The selected renewable energy utilization is harnessing the suns light energy is often called Solar Power Plant. Sunlight can be converted into electrical energy used solar cells are made of semiconductor material that has particles of electrons and protons. Solar cells can absord sunlight containing electromagnetic waves that are capable of generating kinetic energy to release electrons into conduction bands to produce electrical energy. This Solar Power Plant design uses off-grid system because in the operation is not connected to the State Electricity Company electricity network. This design aims to determine the total of Wh (*Watt Hours*) per day by doing interviews to users about

the burden that is mounted and the duration of its use, determine the amount of solar cells, the number of battery, and the number of point lights are needed. The results of the design show that the total Wh per day is 68862,43 Wh, with 2 V 1100 Ah battery capacity amounted to 120 units, 5000 W inverter capacity amounted to 2 units, and the number of solar cell is 108 module with 200 Wp (Watt Peak) maximum power so that the Solar Power Plant capacity is $108 \times 200 \text{ Wp} = 21.600 \text{ Wp}$ or 21,6 kWp.

Key Words : Solar Power Plant, Solar cell, Off-Grid, Inverter, State Electricity Company.

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan modal utama bagi setiap manusia yang hidup di dunia ini. Bukan hanya pendidikan formal saja, melainkan pendidikan agama yang harus tertanam sedini mungkin dalam diri setiap manusia. Pendidikan agama islam sangatlah penting untuk dipelajari agar dapat menumbuhkan kepribadian muslim yang beriman dan bertaqwa kepada Allah S.W.T. Seiring dengan perkembangan jaman yang semakin maju, generasi muda jaman sekarang cenderung mengikuti budaya barat yang bertolak belakang dengan nilai-nilai agama. Maka dari itu didirikanlah sebuah pondok pesantren yaitu “Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha” yang digunakan sebagai tempat menuntut ilmu dan memperdalam ilmu agama.

Pada kehidupan yang semakin berkembang pesat, listrik sudah menjadi hal yang penting untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Sebagian besar masyarakat yang hidup di perkotaan sudah ditunjang dengan keberadaan listrik. Hal ini bertolak belakang dengan masyarakat yang hidup di daerah pelosok yang sudah dialiri listrik oleh PLN tetapi dengan daya yang sangat kecil. Maka energi terbarukan sangatlah dibutuhkan untuk membuat sebuah pembangkit listrik yang mampu memasok kebutuhan listrik di daerah pelosok.

Pemanfaatan energi terbarukan diantaranya adalah memanfaatkan cahaya matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik karena sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki partikel elektron dan proton. Sel surya dapat menyerap cahaya matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik, gelombang elektromagnetik inilah yang mampu menghasilkan energi kinetik untuk melepaskan

elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menghasilkan energi listrik. Energi kinetik akan menjadi semakin besar beriringan dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari. (Hasan, 2012)

“Solar energy is the most prominent among renewable sources, as it is an inexhaustible resource and its exploitation has thus far been ecologically friendly”. Energi matahari merupakan energi terbarukan yang paling menonjol diantara sumber-sumber energi terbarukan lainnya, karena merupakan energi yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. (Akikur et all, 2013).

1.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Berapa total Wh (*Watt Hours*) perhari di Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha yang akan di suplai oleh PLTS?
2. Bagaimana cara menentukan jumlah sel surya, jumlah baterai, dan jumlah titik lampu yang dibutuhkan?

1.2. Batasan Masalah

Agar sesuai dengan sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka dalam penulisan Tugas Akhir ini diperlukan pembatasan masalah. Adapun beberapa batasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Membuat gambar denah Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha dan *power house* PLTS memakai program AutoCad.
2. Membuat gambar line diagram memakai program AutoCad.

1.3. Tujuan Penelitian

Tugas Akhir ini memiliki beberapa tujuan, yaitu :

1. Mengetahui total Wh (*Watt Hours*) perhari di Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha.
2. Mengetahui jumlah sel surya, jumlah baterai, dan jumlah titik lampu yang dibutuhkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain adalah :

1. Menambah pengetahuan pada bidang elektro khususnya dalam perancangan PLTS.
2. Menambah pengetahuan perhitung secara tepat jumlah sel surya, jumlah baterai dan jumlah titik lampu yang dibutuhkan dengan menggunakan *microsoft office excel*.
3. Menambah pengetahuan tentang teknologi sel surya.

Adapun beberapa teori dan rumus yang menyangkut perancangan PLTS adalah :

1. Penentuan Arus Rating Nominal

Penentuan arus rating nominal untuk menentukan kemampuan MCB atau pengaman yang hendak dipakai.

Beban satu fasa :

$$I_a = \frac{P}{V_{L-N} \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

Dengan :

- I_a = Arus nominal (A).
- V_{L-N} = Tegangan fasa-netral (V).
- P = Daya keluar beban (W).
- $\cos \varphi$ = Faktor daya (0,8).

2. Komponen-Komponen Utama Perancangan PLTS

Beberapa komponen utama yang digunakan dalam perancangan PLTS, antara lain :

a) Sel Surya

Sel surya adalah komponen utama dari sebuah PLTS yang terbuat dari bahan semikonduktor dan apabila disinari oleh cahaya matahari akan menghasilkan arus listrik bertegangan DC.

b) *Solar Charge Controller* (SCR)

Solar Charge Controller (SCR) berfungsi untuk mengatur energi yang masuk (*charge*) dan keluar (*discharge*). Pengisian baterai dari sel surya dapat dikontrol sehingga tidak terjadi *over charge* yang dapat merusak baterai. Begitu juga sebaliknya, apabila energi yang tersimpan dalam baterai mencapai batas minimum maka SCR akan memutus aliran energi ke beban.

c) Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dibangkitkan oleh sel surya pada siang hari agar sewaktu-waktu dapat digunakan.

d) Inverter

Inverter adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC).

3. Perhitungan Titik Lampu

Titik lampu dalam suatu ruangan dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$N = \frac{ExLxW}{\phi xLLFxCUxn} \quad (2)$$

Dimana :

- N = Jumlah titik lampu.
- E = Intensitas penerangan (Lux).
- L = Panjang ruangan (Meter).
- W = Lebar ruangan (Meter).
- ϕ = Lumen lampu.
- LLF = Faktor cahaya rugi (0,8).
- CU = Faktor pemanfaatan (0,65).
- n = Jumlah lampu dalam satu titik.

4. Sistem *Off-grid* dan *On-grid* PLTS

PLTS memiliki 2 sistem antara lain :

a) *Off-grid*

Merupakan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN sehingga hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama untuk menghasilkan energi listrik. Sistem ini perlu menggunakan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan sel surya pada siang hari untuk digunakan pada malam hari.

b) *On-grid*

Merupakan sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik, dan sistem ini

biasanya tidak perlu menggunakan baterai karena penggunaan energi listrik pada malam hari sudah disuplai oleh jaringan listrik PLN.

5. Perhitungan Wh (*Watt Hours*) Perhari

Menentukan kapasitas sebuah PLTS harus mengetahui terlebih dahulu total beban yang terpasang dan durasi pemakaiannya perhari. Perhitungan Wh perhari dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$Wh = W \times H \quad (3)$$

Dimana :

W = Beban terpasang (Watt)

H = Durasi pemakaian (Jam)

6. Perhitungan Kapasitas *Solar Charge Controler* (SCR)

Menentukan jumlah dan kapasitas SCR yang dibutuhkan perhitungannya sebagai berikut (Masarrang, 2016) :

$$\text{Kapasitas SCR} = \text{Jumlah sel surya (paralel)} \times I_{sc} \quad (4)$$

Dimana :

I_{sc} = *Short circuit current* (8,19 A)

7. Penangkal Petir

Perancangan sebuah PLTS dibutuhkan instalasi penangkal petir karena instalasi inilah yang akan mengalirkan tegangan yang dihasilkan oleh petir ke tanah (titik netral) yang dialirkan melalui penghantar yang terbuat dari tembaga murni. Hal ini dilakukan untuk melindungi PLTS dan manusia dari bahaya tegangan lebih (*over voltage*).

2. METODE

Berikut ini adalah metode yang dilakukan dalam perancangan PLTS, antara lain :

1. Menentukan ukuran (dimensi) setiap ruangan

Metode ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan jumlah titik lampu, saklar dan lain-lain.

2. Studi beban

Jumlah total beban dihitung dalam satuan Wh (*Watt Hours*) perhari untuk menentukan kapasitas PLTS yang akan dibangun. Studi ini dilakukan dengan wawancara kepada pengguna tentang beban yang terpasang dan durasi pemakaiannya.

3. Menentukan sistem instalasi PLTS

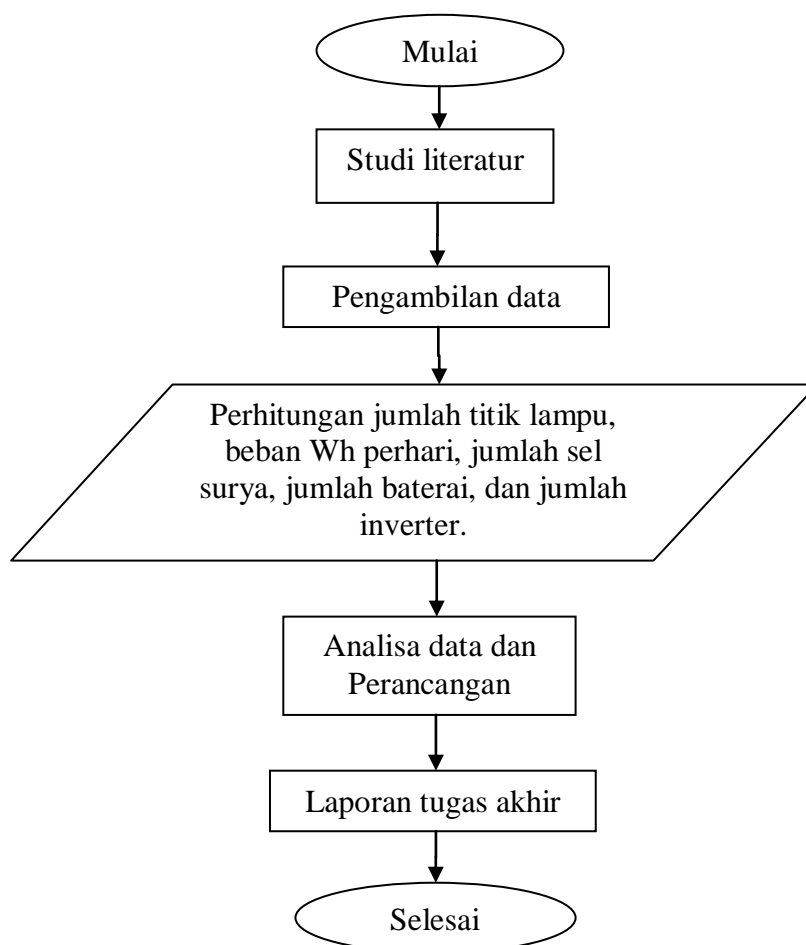
PLTS Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha dirancang dengan sistem *off-grid* karena tidak terhubung ke jaringan listrik PLN.

4. Menentukan bahan-bahan perancangan PLTS

Pemilihan bahan-bahan dalam perancangan PLTS ini sangat berpengaruh terhadap kinerja PLTS, karena kesalahan dalam pemilihan bahan akan membahayakan pengguna (manusia) atau PLTS itu sendiri.

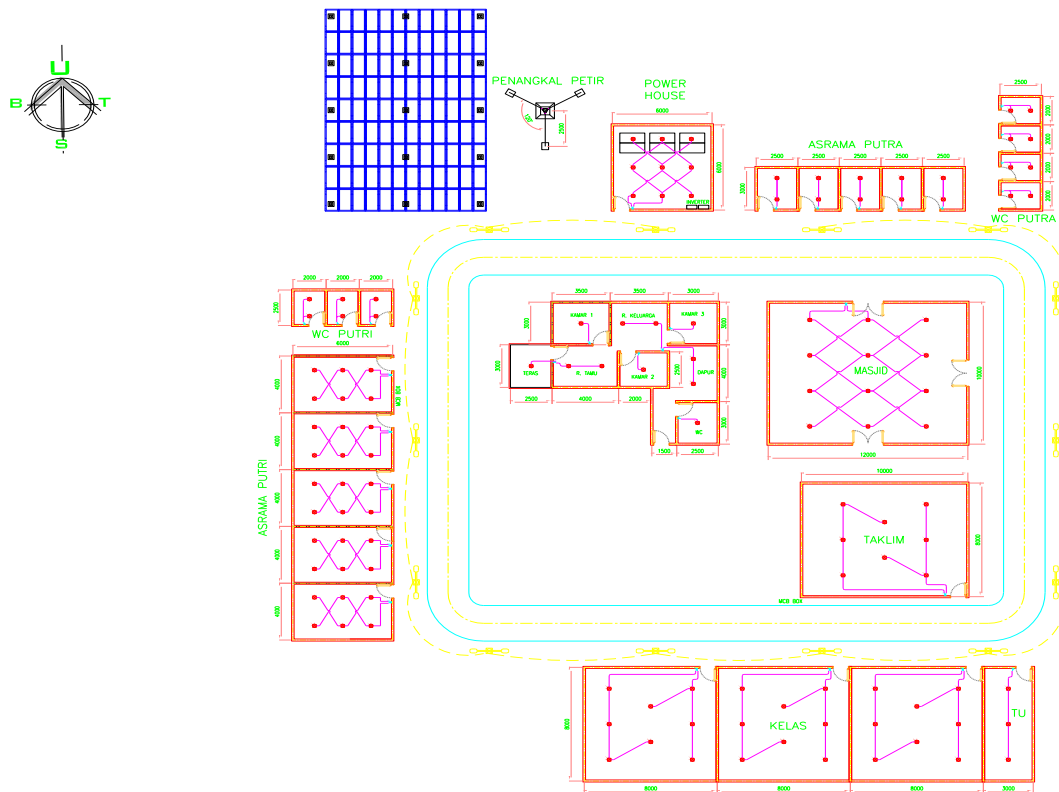
2.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun jalannya perancangan diperlihatkan pada diagram alir, pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

2.2 Denah Pondok Pesantren



Gambar 2. Denah pondok pesantren

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha merupakan tempat kegiatan belajar dan mengajar ilmu agama yang harus memiliki fasilitas yang memadai sehingga dapat menunjang aktivitas para santri. Pondok pesantren ini terdiri dari beberapa bangunan antara lain, masjid, ruang taklim, asrama, ruang kelas, kamar mandi dan rumah ustadz.

3.1. Perhitungan Titik Lampu

1. Asrama Putri

Ruangan ini memiliki panjang (L) = 6 m, lebar (W) = 4 m. Ruangan ini memakai lampu 1 x LED 13 Watt, dimana setiap lampu mampu memancarkan cahaya sebesar 1400 lumen. Intensitas penerangan yang diterapkan sebesar 200 lux. Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times CU \times n} = \frac{200 \times 6 \times 4}{1400 \times 0,8 \times 0,65 \times 1} = 6,593$$

Jadi ruangan asrama membutuhkan 6 lampu dengan ukuran 1xLED 13 Watt untuk menerangi ruangan tersebut.

2. Ruang Lain

Perhitungan titik lampu ruangan lain pada prinsipnya sama dengan perhitungan yang diterapkan untuk mencari jumlah titik lampu pada ruangan asrama. Lebih jelasnya bisa dilihat di lampiran.

3.2. Perhitungan Total Beban Wh (*Watt Hours*) Perhari

Perhitungan Wh perhari menyesuaikan dengan kebutuhan setiap ruangan yang berbeda-beda jenis beban dan durasi pemakaiannya. Perhitungannya sangat sederhana yaitu dengan mengalikan jenis beban dengan durasi pemakaiannya. Berikut adalah perhitungannya:

1. Asrama Putri

Ruangan ini berjumlah 5 buah dan memiliki beban 6 lampu dengan ukuran 1xLED 13 Watt dan durasi pemakaian mencapai 13jam perhari. Maka perhitungannya adalah:

$$Wh = 6 \times 13 \text{ Watt} \times 13 \text{ Jam} = 1014 \text{ Wh}$$

Perhitungan total Wh untuk ruangan yang lain pada dasarnya sama dengan perhitungan yang diterapkan pada asrama putri. Berikut adalah tabel perhitungannya:

Tabel 1. Perhitungan total Wh

No	Uraian	Jumlah	Kuota Energi (Wh)	Total Energi (Wh/hari)
1	Asrama putra	5	338	1690
2	Asrama putri	5	1014	5070
3	Ruang kelas	1	3061	3061
4	Masjid	1	1965	1965
5	Ruang taklim	1	892	892
6	Rumah ustadz	1	3952	3952
7	PJU	22	130	2860
8	Kamar mandi	7	48	336
9	Pompa kamar mandi	1	1400	1400
10	Power House	1	1521	1521
11	Stopkontak	15	1200	18000
	Sub total 1			40747
	Cadangan energi 30%			12224,1
	Sub total 2			52971,1
	Rugi-rugi sistem 30%			15891,33
	Total			68862,43

Pada tabel 1 terdapat 5 ruangan asrama putri dan setiap ruangan membutuhkan energi 1014 Wh perhari, jadi energi yang dibutuhkan oleh asrama putri adalah $5 \times 1014 \text{ Wh} = 5070 \text{ Wh}$ perhari, begitu juga dengan perhitungan pada ruangan lain. Sehingga energi yang dibutuhkan oleh semua beban adalah 40747 Wh perhari dan ditambah 30% dari 40747 Wh yaitu sebesar 12224,1 Wh sebagai cadangan energi untukantisipasi pertambahan beban dan penurunan kinerja komponen PLTS, jadi jumlahnya menjadi $40747 \text{ Wh} + 12224,1 \text{ Wh} = 52971,1 \text{ Wh}$ perhari.

Pada sebuah rancangan PLTS terdapat rugi-rugi sistem akibat *voltage drop* yang terjadi pada penghantar. Sesuai dengan ketentuan rugi-rugi sistem tersebut berjumlah 30% dari 52971,1 Wh yaitu sebesar 15891,33 Wh. Jadi total energi yang harus disuplai oleh PLTS adalah $52971,1 \text{ Wh} + 15891,33 \text{ Wh} = 68862,43 \text{ Wh}$ perhari.

3.3. Perhitungan Kapasitas Baterai

Sistem dari PLTS ini adalah sistem *off-grid* maka dibutuhkan baterai untuk menyimpan energi, untuk menentukan jumlah baterai yang akan digunakan, harus menghitung terlebih dahulu kebutuhan Ah (*Ampere Hours*) beban perhari dengan cara membagi total Wh perhari dengan tegangan sistem baterai yang ditentukan yaitu sebesar 48 V, jadi jumlah kebutuhan Ah = $68862,43 \text{ Wh} / 48 \text{ V} = 1434,63395 \text{ Ah}$. Berikut ini adalah tabel perhitungan jumlah baterai:

Tabel 2. Perhitungan jumlah baterai

Perhitungan Kapasitas Baterai	
B1= Jumlah hari tanpa matahari yang di butuhkan	3
B2= DOD (<i>depth of discharge</i>) batas pengambilan energi (desimal)	80 % (0,8)
B3= Kapasitas baterai yang dibutuhkan $(Ah \times B1) / B2$	5379,877344
B4= Kapasitas Ah baterai yang dipilih	1100
B5= Jumlah baterai dihubungkan paralel $(B3 / B4)$	5
B6= Jumlah baterai dihubungkan seri $(48 \text{ V} / \text{tegangan baterai yang di pilih } 2 \text{ V})$	24
B7= Jumlah total baterai $(B5 \times B6)$	120
B8= Total kapasitas Ah baterai $(B4 \times B5)$	5500
B9= Total kapasitas kWh baterai $(B8 \times 48 \text{ V}) / \text{Ah baterai yang dipilih}$	264

Pada tabel 2 ditentukan jumlah hari tanpa matahari adalah 3 hari dan batas pengambilan energi dari baterai 80 % (0,8). Untuk kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan cara $B3 = (Ah \times B1) / B2 = (1434,63395 \times 3) / 0,8 = 5379,877344 \text{ Ah}$. Untuk kapasitas Ah baterai yang dipilih yaitu sebesar 1100 Ah, jumlah baterai yang dihubungkan secara paralel adalah $B5 = B3 / B4 = 5379,877344 \text{ Ah} / 1100 = 4,890797585$ dibulatkan menjadi 5 unit. Untuk jumlah baterai yang dihubungkan seri adalah $B6 = \text{Tegangan sistem baterai} / \text{tegangan baterai yang dipilih} = 48 \text{ V} / 2 \text{ V} = 24$ unit.

Jadi total jumlah baterai yang dibutuhkan adalah $B7 = B5 \times B6 = 5 \times 24 = 120$ unit, dengan total kapasitas Ah baterai $B8 = B4 \times B5 = 1100 \times 5 = 5500 \text{ Ah}$ dan total kapasitas kWh baterai adalah $B9 = (B8 \times 48 \text{ V}) / \text{Ah baterai yang dipilih} = (5500 \times 48) / 1100 = 264 \text{ kWh}$.

3.4. Perhitungan Kapasitas Sel Surya

Setelah diperoleh total Wh perhari, maka dapat ditentukan jumlah modul sel surya yang dibutuhkan untuk mensuplai beban tersebut. Berikut ini adalah tabel penentuan jumlah modul sel surya:

Tabel 3. Perhitungan kapasitas sel surya

Perhitungan Kapasitas Modul Sel Surya	
C1= Jumlah total energi beban perhari (A6)	68862,43
C2= Keluaran energi rangkaian modul yang dibutuhkan (C1)	68862,43
C3= Tegangan modul pada daya maksimum pada kondisi STC (24x0,85)	20,4
C4= Daya maksimum modul surya pada kondisi STC 200 Wp	200
C5= Jam matahari (<i>peak sun hours</i>) pada bulan yang dipilih 4 <i>hours</i> (4jam)	4
C6= Keluaran energi modul surya perhari (C4xC5) 800 Wh	800
C7= Keluaran energi pada temperatur operasi (DfxC6)	640
Df= 0,8 untuk lokasi yang mempunyai temperatur ambient tinggi	0,8
C8= Jumlah modul surya untuk memenuhi kebutuhan beban (C2:C7)	108

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa keluaran energi rangkaian modul sel surya yang dibutuhkan adalah 68862,43 Wh perhari. Sel surya yang dipilih adalah sel surya dengan daya maksimum 200 Wp dengan tegangan maksimum 20,4 V. Dengan ketentuan jam puncak matahari yaitu 4 jam perhari maka keluaran energi sel surya adalah 200 Wp x 4 jam = 800 Wh perhari. Pada lokasi yang mempunyai temperatur ambient tinggi ditentukan faktor Df yaitu sebesar 0,8. Jadi keluaran energi sel surya pada temperatur operasi adalah 0,8 x 800 Wh = 640 Wh perhari.

Jumlah modul sel surya yang dibutuhkan adalah $68862,43 \text{ Wh} : 640 \text{ Wh} = 107,5975469$ dibulatkan menjadi 108 modul yang tersusun secara seri 3 modul dan secara paralel 36 modul yang bertujuan untuk memenuhi tegangan *input* pada inverter sebesar 48 VDC. Dari data tabel 3 dapat diketahui kapasitas PLTS sebesar $108 \times 200 \text{ Wp} = 21.600 \text{ Wp}$ atau 21,6 kWp.

3.5. Perhitungan Kapasitas Solar Charge Controler (SCR)

Menentukan jumlah dan kapasitas SCR yang dibutuhkan perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas SCR} = \text{Jumlah sel surya (paralel)} \times I_{sc} = 36 \times 8,19 = 294,84 \text{ A}$$

Jadi kapasitas SCR adalah 294,84 A, karena dalam perancangan ini akan digunakan SCR dengan kapasitas 20 A jadi dibutuhkan SCR sebanyak 15 unit yang dihubungkan secara paralel.

3.6. Penentuan dan Pembagian Inverter

Perancangan PLTS ini menggunakan 2 buah inverter berkapasitas 5000 W dengan tegangan *input* 48 VDC dan tegangan *output* 220 VAC yang bertujuan untuk menghindari kematian total pada saat terjadi gangguan pada salah satu inverter yang terpasang.

1. Inverter 5000 W.

- a. 5 Asrama Putra + 4 Kamar Mandi = 2162 W
- b. 5 Asrama Putri + 3 Kamar Mandi = 2414 W

Jadi total daya = 2162 W + 2414 W = 4576 W.

2. Inverter 5000 W.

- a. Masjid = 427 W
- b. 3 Ruang kelas + TU = 2345 W
- c. Ruang Taklim = 210 W
- d. Power House = 517 W
- e. Rumah Ustadz = 767 W
- f. PJU = 220 W
- g. Pompa = 200 W

Jadi total daya = 427 W + 2345 W + 210 W + 517 W + 767 W + 220 W + 200 W = 4686 W.

3.7. Ukuran Penghantar dan Pengaman

Menentukan diameter penghantar dan pengaman yang dibutuhkan mengacu pada PUIL 2011, dengan perhitungan berikut:

1. Ukuran Penghantar *Output* Inverter

$$I_{out} = \frac{P_{inverter}}{V_{out}} = \frac{5000}{220} = 22,72 A$$

Jadi jenis penghantar yang digunakan adalah penghantar jenis NYM dengan ukuran 2x2,5 mm² yang dapat mengalirkan arus sampai 26 A.

2. Ukuran Penghantar Asrama Putri

a) Penghantar Lampu

$$I_a = \frac{P}{V_L - N \cdot \cos \phi} = \frac{414}{220 \cdot 0,8} = 1,54 A$$

Jadi jenis penghantar yang digunakan adalah penghantar jenis NYM dengan ukuran 2x1,5 mm² yang dapat mengalirkan arus sampai 18 A. Untuk pengaman dipakai MCB dengan ukuran 2 A.

b) Penghantar Stopkontak

$$I_a = \frac{P}{V_L - N \cdot \cos \phi} = \frac{400}{220 \cdot 0,8} = 1,45 A$$

Jadi jenis penghantar yang digunakan adalah penghantar jenis NYM dengan ukuran 3x1,5 mm² yang dapat mengalirkan arus sampai 18 A. Untuk pengaman dipakai MCB dengan ukuran 2 A.

3. Ruang Lain

Perhitungan untuk menentukan penghantar dan pengaman ruang lain pada prinsipnya sama dengan perhitungan pada asrama putri. Lebih jelasnya bisa dilihat pada lampiran.

3.8. Penangkal Petir

PLTS Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha memiliki panjang 14,2 m, lebar 9,6 m, tinggi 3 m, dan memiliki luasan sebesar 136,32 m². Memerlukan penangkal petir yang mampu melindungi PLTS tersebut dari sambaran petir yang dapat menyebabkan *over voltage*. Penangkal petir yang dipilih adalah jenis elektrostatis yang dipasang menggunakan menara yang terbuat dari rangka besi dengan ketinggian 17m dan di bagian atas menara diberi *head terminal* khusus yang terhubung dengan kawat BC 50 mm² dan terhubung dengan *grounding system* dengan capaian tahanan kurang dari 5 ohm.

4. PENUTUP

Berdasarkan analisa dan perancangan PLTS *off-grid* Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil studi beban di Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha dapat diketahui daya yang dibutuhkan adalah 9262 Watt dan total keseluruhan pemakaian beban adalah 68862,43 Wh perhari.
2. Jumlah sel surya yang dibutuhkan untuk menyuplai beban adalah 3 modul dirangkai secara seri dan 36 modul dirangkai secara paralel. Jadi total sel surya yang digunakan adalah 108 modul dengan daya maksimum 200 Wp, sehingga kapasitas pembangkit adalah $108 \times 200 \text{ Wp} = 21.600 \text{ Wp}$ atau 21,6 kWp.
3. Jumlah baterai yang dibutuhkan adalah 120 unit dengan kapasitas setiap baterai adalah 2 V 1100 Ah. Baterai yang dirangkai secara paralel berjumlah 5 unit dan secara seri 24 unit.
4. Perancangan PLTS ini menggunakan 2 unit inverter masing-masing berkapasitas 5000 Watt. Jadi ketika salah satu inverter mengalami gangguan tidak terjadi pemadaman total.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas kehendak-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih yang pertama penulis berikan kepada kedua orang tua tercinta atas dukungan yang telah diberikan. Kedua, penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Hasyim Asy'ari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dalam penelitian tugas akhir ini. Yang terakhir, penulis mengucapkan terimakasih kepada Pondok Pesantren Sidrotul Muntaha, teman-teman, dan pihak-pihak yang telah membantu dalam perancangan yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasan, Hasnawiya. 2012. PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI PULAU SAUGI. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Masarrang, Maryantho. 2016. STUDI KELAYAKAN DAN DED PLTS KOMUNAL DI KABUPATEN SIGI. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako.
- PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) (2011), BSN, Jakarta.
- R.K Akikur, R.Saidur, H.W Ping, dan K.R Ullah. (2013). *“Comparative study of stand-alone and hybrid solar energy systems suitable for off-grid rural electrification”*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/autcon.